

⑯ 日本国特許庁 (JP) ⑯ 特許出願公開
 ⑰ 公開特許公報 (A) 昭64-72415

⑥Int.Cl.
 H 01 B 12/06
 13/00

識別記号
 ZAA
 HCU

厅内整理番号
 8623-5E
 Z-8832-5E

⑩公開 昭和64年(1989)3月17日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全 5頁)

④発明の名称 超電導線材およびその製造方法

②特 願 昭62-229132

②出 願 昭62(1987)9月12日

⑦発明者 太刀川 恭治 神奈川県平塚市北金目1117番地 東海大学工学部金属材料工学科内

⑦発明者 小菅 茂義 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本钢管株式会社内

⑦発明者 小野 守章 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本钢管株式会社内

⑦出願人 学校法人東海大学 東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号

⑦出願人 日本钢管株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号

④代理人 弁理士 潮谷 奈津夫

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

超電導線材およびその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 金属線と、前記金属線の表面上に、所定幅で且つ相互に所定間隔をあけて形成された、 $Cu_x O_y$ 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜とからなることを特徴とする超電導線材。

(2) 金属線を、その軸線を中心として一定方向に且つ一定速度で回転させながら、前記金属線をその軸線方向に移動させ、このようにして回転しながら移動中の前記金属線に対し、 $Cu_x O_y$ 基を含む複合酸化物超電導物質の粒子を、所定幅で付着せしめ、かくして、前記金属線の表面上に、 $Cu_x O_y$ 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜を形成することを特徴とする、超電導線材の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、安定した超電導特性を有する超電導線材およびその製造方法に関するものである。

〔従来の技術〕

超電導材料は、既に高エネルギー粒子加速器、医療診断用MRI-CTおよび物性研究装置などにおいて、超電導マグネットの形で実用化されている。このような超電導材料の応用分野は広く、今後、例えば、発電機、エネルギーの貯蔵や変換、リニアモーター、資源回収用磁気分離装置、核融合炉、送電ケーブルおよび磁気シールド材等に対する超電導材料の応用が期待されており、更に、超高速度コンピューター、赤外線検出器、および、低雑音の増幅器やミキサー等に対する、ジョセフソン効果を利用した超電導素子の応用が期待されている。これらが本格的に実用化されたときの産業的および社会的インパクトの大きさは計り知れないものがある。

これまでに開発された代表的な超電導材料とし

ては Nb-Ti 合金があり、これは、現在 9 T までの磁界発生用線材として、広く使用されている。Nb-Ti 合金の T_c (超電導状態が存在する臨界温度) は、9 K である。

この Nb-Ti 合金よりも格段に高い T_c を有する超電導材料として、化合物系の超電導材料が開発され、現在、 Nb_3Sn (T_c : 18 K) および V_3Ga (T_c : 15 K) が線材化され、実用に供されている。更に、 Nb_3Ge によれば、23 K の T_c が得られている。

このように、長年にわたつて高 T_c の超電導材料を得るための努力がなされてきたが、従来の合金系および化合物系の超電導材料においては、現状では T_c 23 K が大きな壁になつてゐる。即ち、 T_c が 23 K 以下の超電導材料の冷却には、高価な液体ヘリウムを必要とするため、これが超電導材料の広範な応用を阻害している。

この T_c の壁を大幅に打破する超電導物質に關し、1986 年 IBM チューリッヒ研究所の Müller 氏等が、 $Ba-La-Cu-O$ 系の複合酸化物で超電導の徵候が認められたことを発表して以来、複合酸化

はできない。そこで、第 4 図に断面図で示すように、例えば銅のような金属製基線材 2 中に、複数本の複合酸化物超電導物質からなる芯線 3 が埋め込まれた多芯形式の超電導線材 1 が知られている。

しかしながら、このような超電導線材 1 は、使用時に、金属製基線材 2 中に埋め込まれた複数本の芯線 3 を流れる電流が互いに干渉しあつて、芯線 3 に電流が流れにくくなる結果、超電導特性が不安定になり、且つ、その製造が容易ではない等の問題を有している。

従つて、この発明の目的は、安定した優れた超電導特性を有し、且つ、所要の強度および可撓性を有する、製造が容易な超電導線材およびその製造方法を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

この発明の超電導線材は、金属線と、前記金属線の表面上に、所定幅で且つ相互に所定間隔をあけて形成された Cu_xO_y 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜とからなることに特徴を有するものであり、且つ、この発明の製造方

物超電導物質の開発競争に拍車がかかつた。即ち、1986 年代の超電導物質の T_c は 40 K 級であつたが、翌年(1987 年)の初めには、早くも液体窒素の温度である 77 K を超える T_c を有する $Y-Ba-Cu-O$ 系複合酸化物超電導物質が開発され、その T_c は約 93 K に達した。

更に、その後も精力的に超電導物質の開発が続けられており、最近、安定性等に問題はあるものの、室温で超電導現象を示す超電導物質の開発も報告されている。

上述のように、液体窒素温度(77 K)で使用可能な超電導物質が発見されたことによつて、超電導材料の前述した応用分野への実用化の期待度が、一段と高められてきた。

超電導材料の実用化に當つて必要なことは、超電導物質の線材化、皮膜化等、その加工技術の開発である。

〔発明が解決しようとする問題点〕

複合酸化物超電導物質からなる超電導線材は、非常に脆いため、線材として実用上使用すること

法は、金属線を、その軸線を中心として一定方向に且つ一定速度で回転させながら、前記金属線をその軸線方向に移動させ、このようにして回転しながら移動中の前記金属線に対し、 Cu_xO_y 基を含む複合酸化物超電導物質の粒子を、所定幅で付着せしめ、かくして、前記金属線の表面上に、 Cu_xO_y 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜を形成することに特徴を有するものである。

次に、この発明を、図面を参照しながら説明する。

第 1 図は、この発明の超電導線材の一実施態様を示す斜視図である。第 1 図に示すように、この発明の超電導線材 4 は、例えば銅からなる金属線 5 と、金属線 5 の外周表面上に、所定幅で且つ相互に所定間隔をあけて形成された Cu_xO_y 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜 6 とからなつてゐる。

この発明の超電導線材 4 は、上述のように、金属線 5 の外周表面上に複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜 6 が形成されているので、使

用時に撲り線と同じ効果が生じ、電流が干渉しあうことなく、安定した超電導特性が得られる。

次に、第2図に示すレーザ蒸着装置による上述した超電導線材の製造について説明する。

レーザ蒸着装置は、真空容器7と、真空容器7内に設けられた蒸着源8と、蒸着源8に向けてレーザ9を照射するためのレーザ発生装置(図示せず)とからなっている。10は真空容器7の一方の側壁7aに設けられたレーザ透過窓、11は集光レンズ、12はガス排出口、13はガス供給口である。

真空容器7内における、一方の側壁7aと他方の側壁7bとの間には、蒸着源8よりも上方の位置に水平な遮蔽板14が設けられている。遮蔽板14の、蒸着源8の直上位置には、スリット15が形成されている。

遮蔽板14の上方には、遮蔽板14に近接し且つスリット15の上を金属線5が水平に移動し得るよう、一方の側壁7a側に金属線5の巻戻しリール16が、そして、他方の側壁7b側に金属

レーザ透過窓10を通して、蒸着源8に向か、レーザビーム(例えはCO₂レーザビーム)9を照射する。

この結果、レーザビーム9が照射された蒸着源8の表面は、溶融且つ蒸発し、蒸発した粒子が、その軸線を中心として回転しながら遮蔽板14上を移動する金属線5の外周表面に、スリット15を通して所定幅で付着する。かくして、金属線5の外周表面上に、Cu_xO_y基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜6が形成される。

次に、第3図に示すプラズマ溶射装置による上述した超電導線材の製造について説明する。

プラズマ溶射装置は、真空容器19と、真空容器19内に設けられた溶射ノズル20と、溶射ノズル20内に設けられたタンクステン電極21と、溶射ノズル20とタンクステン電極21との間に接続された電源22とからなっている。

真空容器19内における、一方の側壁19aと他方の側壁19bとの間には、溶射ノズル20よりも上方の位置に、前述した水平な遮蔽板14が設けられている。遮蔽板14の、溶射ノズル20

線5の巻取りリール17が設けられている。金属線5は、各々上下1対のガイドローラ18, 18'により、遮蔽板14に近接した位置に保持され、巻戻しリール16から巻取りリール17に向けて連続的に移動する。

巻戻しリール16および巻取りリール17は、ガイドローラ18, 18'により所定位置に保持されている金属線5を中心として、矢印aに示すように、金属線5の軸線と直交する方向に同期して回転する。

従つて、金属線5は、その軸線を中心として回転しながら、巻戻しリール16から巻取りリール17に向けて、スリット15上を通り、一定速度で矢印bに示すように移動する。

蒸着源8としてCu_xO_y基を含む複合酸化物焼結体を使用し、ガス排出口12から真空容器7内のガスを吸引し、ガス供給口13から真空容器7内に酸素を連続的に供給することにより、真空容器7内を酸素雰囲気で且つ所定の真空中に保つ。

次いで、図示しないレーザ発生装置から、レーザ透过窓10を通して、蒸着源8に向か、レーザビーム(例えはCO₂レーザビーム)9を照射する。

の直上位置には、スリット15が形成されている。

前述したように、遮蔽板14に近接し且つスリット15の上を金属線5が水平に移動し得るよう、巻戻しリール16、巻取りリール17、ガイドローラ18, 18'が設けられ、巻戻しリール16および巻取りリール17が、金属線5を中心として金属線5の軸線と直交する方向に同期して回転する。

従つて、金属線5は、その軸線を中心として回転しながら、巻戻しリール16から巻取りリール17に向けて、スリット15上を通り、一定速度で移動する。

真空容器19内を減圧しながら、溶射ノズル20内に、アルゴン、ヘリウム等の作動ガスおよびCu_xO_y基を含む複合酸化物の粉末をそれぞれ供給し、そして、電源22を作動させて、溶射ノズル20から電極21に向けてプラズマジェットを発生させる。

この結果、上述の複合酸化物の粉末は、その軸線を中心として回転しながら遮蔽板14上を移動

する金属線5の外周表面上に、スリット15を通して所定幅で付着し、かくして、金属線5の外周表面上に、 Cu_xO_y 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜6が形成される。

次に、この発明を実施例により説明する。

〔実施例〕

第2図に示すレーザ蒸着装置の真空室7内の巻戻しリール16に、直径1mmの銅製の金属線5を装填し、蒸着源8として、直径20mm、厚さ10mmの円盤状のY-Ba-Cu-O系複合酸化物焼結体を使用した。

遮蔽板14のスリット15を、1辺が1mmの四角形状の孔となし、このようなスリット15を通して、巻戻しリール16に装填された金属線5を巻取りリール17に向け、その軸線を中心として回転させながら、所定速度で移動させた。

成膜条件は、次の通りである。

- (1) 真空容器の真空中度: 10^{-1} Torr (酸素雰囲気)
- (2) 蒸着源の回転速度: 5 rpm
- (3) レーザビームの種類: 炭酸ガスレーザ

造に使用されるレーザ蒸着装置の断面図、第3図は同じくプラズマ溶射装置の断面図、第4図は従来の超電導線材の一例を示す断面図である。図面において、

1 … 超電導線材、	2 … 金属製基線材、
3 … 芯線、	4 … 超電導線材、
5 … 金属線、	6 … スパイラル皮膜、
7 … 真空容器、	8 … 蒸着源、
9 … レーザビーム、	10 … レーザ透過窓、
11 … 集光レンズ、	12 … ガス排出口、
13 … ガス供給口、	14 … 遮蔽板、
15 … スリット、	16 … 巷戻しリール、
17 … 巷取りリール、	18 … ガイドローラ、
19 … 真空容器、	20 … 溶射ノズル、
21 … 電極、	22 … 電源。

出願人 学校法人 東海大学
出願人 日本钢管株式会社
代理人 潮 谷 奈津夫

(4) レーザビームの出力: 300W

この結果、金属線5の外周表面上に、幅1mm、間隔1.5mmであつて10μmの厚さの、 $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ からなるスパイラル皮膜6が形成された超電導線材を製造することができた。

この超電導線材の T_c を四端子抵抗測定法によつて調べたところ、 T_c は90Kであつた。

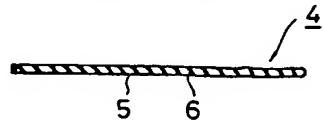
〔発明の効果〕

以上述べたように、この発明の超電導線材は、金属線と、前記金属線の外周表面上に形成された Cu_xO_y 基を含む複合酸化物超電導物質からなるスパイラル皮膜とからなつてゐるので、使用時に電流が干渉しあうことがなく安定した優れた超電導特性を有し、且つ、所要の強度および可機性を備え、その製造が容易である等、工業上多くの優れた効果を有している。

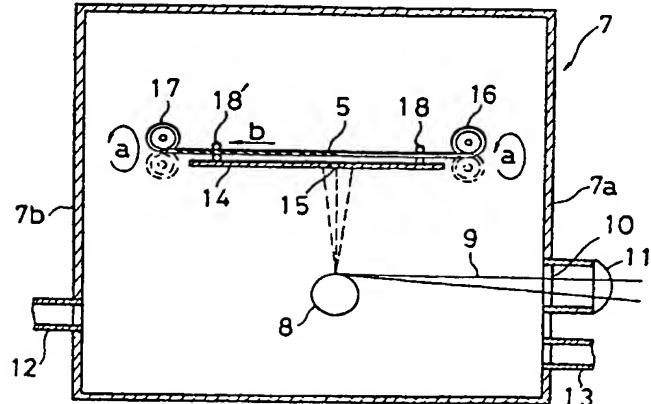
4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の超電導線材の一実施態様を示す斜視図、第2図はこの発明の超電導線材の製

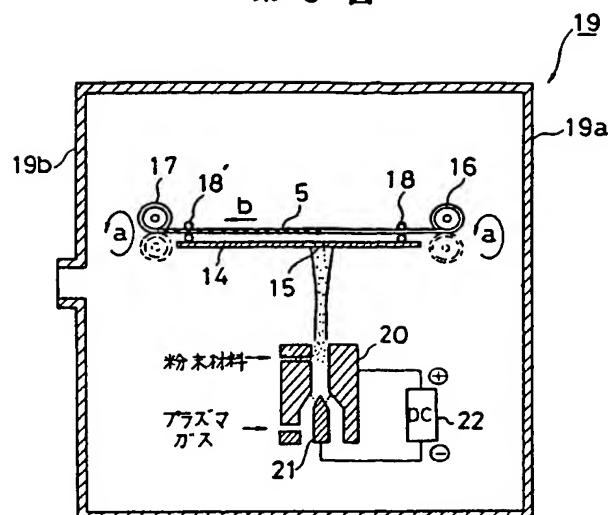
第1図



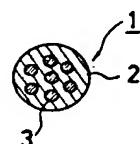
第2図



第3図



第4図



第1頁の続き

②発明者 仲田 清和 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社
内
②発明者 鈴木 輝男 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社
内
②発明者 渡辺 之 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本鋼管株式会社
内